



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 嵌合部が形成された少なくとも1個の第1の光部品を基板に形成した該第1の光部品の嵌合部と嵌合する第1の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定し、かつ少なくとも1個の第2の光部品を基板に形成した該第2の光部品と嵌合する第2の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定して該第1の光部品と該第2の光部品とを光結合してなり、

前記基板の前記第1及び第2の部品嵌合部が、共に半導体製造と同一の加工手段で同時に加工工程を進行させて形成されてなることを特徴とする光学装置。

【請求項2】 嵌合部が形成された少なくとも1個の第1の光部品を基板に形成した該第1の光部品の嵌合部と嵌合する第1の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定し、かつ嵌合部が形成された少なくとも1個の第2の光部品を基板に形成した該第2の光部品の嵌合部と嵌合する第2の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定して該第1の光部品と該第2の光部品とを光結合してなり、

前記基板の前記第1及び第2の部品嵌合部が、共に半導体製造と同一の加工手段で同時に加工工程を進行させて形成されてなることを特徴とする光学装置。

【請求項3】 嵌合部が形成された少なくとも1個の第1の光部品を基板に形成した該第1の光部品の嵌合部と嵌合する第1の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定し、かつ少なくとも1個の第2の光部品をガイドすると共に、基板に形成した第2の部品嵌合部に嵌合する嵌合部を有する固定部材で該第2の光部品を位置決め固定して該第1の光部品と該第2の光部品とを光結合してなり、

前記基板の前記第1及び第2の部品嵌合部が、共に半導体製造と同一の加工手段で同時に加工工程を進行させて形成されてなることを特徴とする光学装置。

【請求項4】 請求項1～3の何れか一項において、前記基板にシリコン基板を用い、前記第1及び第2の部品嵌合部のそれぞれがシリコンを異方性エッチングして形成した逆ピラミッド状の溝、又は断面V字型の溝、又は断面逆台形の溝、又は断面が台形の帯状の突起のうちの一つであることを特徴とする光学装置。

【請求項5】 請求項1～3の何れか一項において、前記第1若しくは第2の光部品に形成された嵌合部、又は前記固定部材に形成された嵌合部のうちの少なくとも一がパターンに被着した常温で固相である部材を、表面張力のみによるポテンシャルが最小となる形状に変化させるべく液相化し、該形状を維持させつつ固相化した突起部でなることを特徴とする光学装置。

【請求項6】 請求項3記載の固定部材の嵌合部が溝で形成されてなることを特徴とする光学装置。

【請求項7】 光部品、又は該光部品を位置決めするための固定部材である第1の部品を、基板である第2の部品に位置決め載置するもので、該第1又は第2の部品の

2

一方に突起部を形成すると共に他方に該突起部と嵌合するくぼみ部を形成するものであり、前記第1又は第2の部品に形成された突起部が、パターンに被着した常温で固相である部材を、表面張力のみによるポテンシャルが最小となる形状に変化させるべく液相化し、該形状を維持させつつ固相化して形成されてなることを特徴とする光学装置。

【請求項8】 請求項7記載のくぼみ部が形成される部品が単結晶部材で形成され、該くぼみ部が単結晶部材を異方性エッチングにより逆ピラミッド状の溝、又は断面V字型の溝、又は断面逆台形の溝で形成されてなることを特徴とする光学装置。

【請求項9】 請求項8記載の単結晶部材が、シリコン単結晶、GaAs単結晶、GaAlAs単結晶、InP単結晶、InGaAs単結晶、InGaAsP単結晶、又はInAlAs単結晶の部材であることを特徴とする光学装置。

【請求項10】 請求項5、7、8及び9の何れか一項において、前記突起部の表面に、該突起部を形成する部材より軟化温度の高い材料、及び該突起部を形成する部材より硬度の大きな材料の少なくとも何れか一方の材料よりなる皮膜が被着されてなることを特徴とする光学装置。

【請求項11】 請求項1～10の何れか一項において、前記光部品は、光半導体装置、光導波路装置、光ファイバの何れかを少なくとも含んで構成されることを特徴とする光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、複数の光部品が位置合わせされる光学装置に関する。近年、複数の光部品を組み合わせた光学装置を使用するものとして光通信用端末装置や光情報処理用副装置等があり、装置の品質向上の要求から光学装置の各光部品間の位置合わせを精密に行う必要がある。また、精密な位置合わせに際して自由度の向上が望まれている。

## 【0002】

【従来の技術】従来、光学装置を構成する複数の光部品を位置合わせする場合、各光部品を実装する基板にそれぞれの該光部品を位置合わせして固定することにより、各光部品の光軸を一致させた位置合わせが行われるもので、位置合わせの方法は従来より各種知られている。

【0003】そこで、図10に、従来の光部品の基板への各種位置合わせの説明図を示す。図10(A)は、光部品11が機械的に、又はマスクを介して液体によるケミカルエッチング若しくはイオン、ラジカル元素などを用いたドライエッチングによりその表面に突起部11aが形成される。一方、基板12に、上記同様の加工手段で該光部品11の突起部11aに対応する凹形状の溝12aが形成される。この基板12の溝12aに光部品11の突起部11aを嵌合させて位置合わせするもの

である。

【0004】図10(B)は、光部品11に上記加工手段で凹形状の溝11bを形成し、基板12に上記加工手段で該溝11bに対応する突起部12bを形成して、該基板12の突起部12bに光部品11の溝11bを嵌合させて位置合わせする。図10(C)は、光部品11に例えば異方性エッチングによりテーパ状の突起部11cを形成し、基板12に例えば異方性エッチングにより該突起部11cに対応するV形状の溝12cを形成して、該基板12のV形状の溝12cに光部品11の突起部11cのテーパ部分を一致させて嵌合（ジャンクションダウン）させることにより位置合わせを行う。

【0005】図10(D)は、光部品11に例えば異方性エッチングにより複数（図では2つ）のV形状の溝11d<sub>1</sub>、11d<sub>2</sub>を形成し、基板12に例えば異方性エッチングにより該基板11d<sub>1</sub>、11d<sub>2</sub>に対応する数のテーパ状（図では断面台形状）の突起部12d<sub>1</sub>、12d<sub>2</sub>を形成して、該基板12のテーパ状の突起部12d<sub>1</sub>、12d<sub>2</sub>に光部品11のV形状の溝11d<sub>1</sub>、11d<sub>2</sub>のテーパ部分を一致させて嵌合（ジャンクションダウン）させることにより位置合わせを行う。

【0006】図10(E)は、基板12に例えば異方性エッチングによりV形状の溝12eを形成し、この溝12eに球状又は円柱状の部品（光ファイバ等）13を嵌合させて位置合わせを行うものである。また、図11に、従来の位置合わせ固定で用いられる自己位置整合ボンディングの説明図を示す。図11(A)において、23は半田などの低融点金属による溶融金属部材、21aは部品21に形成されたパターンで、溶融金属部材23が溶融したとき、この溶融した金属が表面によくなじんで被着し易い（以下、これを「濡れ性がある」あるいは「濡れ性のあるパターン」という）材料で形成されたもの、22aは基板22に形成された（溶融金属部材23に）濡れ性のあるパターンである。通常、溶融金属部材23は二つの部品のどちらか一方のパターン（本例の場合ではパターン21a）に被着させて形成する。

【0007】このボンディングは、例えば次のようにして行われる。通常基板表面にフラックス等の粘性のある材料による皮膜が形成される。これを仮固定用の糊として使用し、パターン22a上に溶融金属部材23の先端を接着し仮固定する。この際、部品21を搭載するための装置は位置決め誤差を有するので、溶融金属部材23の先端は図11(A)の如くパターン22aの中心からずれた位置に仮固定される。

【0008】次に、図11(B)において、加熱しリフローすると溶融金属部材が液相に相変化（あるいは溶融）する。溶融金属部材が液相化すると、それに対する力学的作用は重力（ただし、無重力場に置かれたときには重力は作用しない）と表面張力のみになる。溶融した溶融金属部材は、重力と表面張力によるポテンシャルが

最小になるような形状になろうとする。

【0009】そこで、重力が加わる方向が垂直方向になるようにしておけば、図11(C)のように側面が真球面になるように自動的に形状が変化し、その状態が維持される。次いで、冷却（自然冷却またはゆっくり冷却または急冷）することで溶融金属部材23が固相化する。この結果部品21上のパターン21aが基板22上のパターン22aに精密に位置合わせされ、固着される。なおこの詳細は、例えば文献IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS, HYBRIDS, AND MANUFACTURING TECHNOLOGY, VOL. 15, NO. 2, APRIL 1992, PP. 225-230等に記載されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例には次のような問題点がある。図10(A)、(B)、(C)に示す方法を用いて基板と光部品を位置合わせする場合には、基板12に形成する溝12a、12cの深さや突起12b、12d<sub>1</sub>、12d<sub>2</sub>の高さを比較的大きく（例えば10μm以上）し、かつ、光部品11に形成する突起11a、11cの高さや溝11b、11d<sub>1</sub>、11d<sub>2</sub>の深さを比較的大きく（例えば10μm以上）する必要がある。

【0011】既に述べたように、図10(A)、(B)の場合は液体によるケミカルエッチング（以下この「液体によるケミカルエッチング」を「ウエットエッチング」という）やイオンやラジカル元素等の粒子によるエッチング（以下この「イオンやラジカル元素などの粒子によるエッチング」を「ドライエッチング」という。）を用いる。このようなエッチング方法は一般的にエッチング速度を精密に制御することが困難であり、更に図の水平方向にもエッチングが進む（以下この水平方向のエッチングを「サイドエッチング」という。）という問題がある。

【0012】即ち、エッチング速度そのものを一定に保つことが困難であるため、例えば図10(B)の突起12bや、図10(D)の突起12d<sub>1</sub>、12d<sub>2</sub>の高さを精密に制御するのは難しい。更に、水平方向と垂直方向のエッチング速度の比（即ちサイドエッチングの大きさ）を一定に保つことが困難であるため、精度の高い溝や突起を形成することは困難である。

【0013】なお、上記エッチング方法のうちドライエッチングには比較的サイドエッチングが生じにくいものもあるが、この方法を用いた場合にはそのエッチング速度が遅くなるという問題がある。例えばRIE（リアクティブイオンエッチング）法等ではそのエッチングの速度はただだか1分当たり0.1μm程度である。そのため、10μmの溝や突起の形成にも100分もの長時間要するという問題を生ずる。

【0014】図10(C)、(D)に示す方法には、この方法を利用可能となるのが光部品11が異方性エッチングが可能な単結晶で形成されている場合に限られると

いう問題がある。さらに、図10(C)の従来例に特有の問題として、光部品11が半導体レーザの場合で、発光部が形成された側が基板側になるような(以下この「発光部が形成された側が基板側になるような」配置の仕方を「ジャンクションダウン」という。)ボンディングを行った場合に、光軸が基板表面より低くなり、他の光部品との光結合が困難になるという問題がある。また、図10(D)の従来例に特有の問題として、突起部11d1、11d2の高さの調節が困難になるとともに他の部品を嵌合させるための他の嵌合部の形成が困難になるという問題がある。

【0015】上記異方性エッチングによる形成の問題について説明すると、多くの光学装置では例えば光導波路のように、ガラスや誘電体材料やプラスチックなどで形成された光部品を位置合わせし固定したい場合があるが、上述のように、これらの材料で形成された光部品については、図10(C)、(D)の方法を用いることが困難になる。

【0016】次に、上記ジャンクションの問題については図12を参照して具体的に説明する。図12は半導体レーザ11を基板12にジャンクションダウンでボンディングする場合に図10(C)の方法を用いる場合の問題点を説明するための図である。図12(A)は正面図、図12(B)は正面図のY-Y断面側面図である。ここに14は半導体レーザ11の活性層である。

【0017】図示したように、半導体レーザの活性層の位置はその下側表面近傍に形成される。具体的には、表面から1~5 $\mu$ m程度の位置に形成される。そのため、溝12cの深さや突起11cの高さが5 $\mu$ m以上である場合には、活性層が基板表面よりも低い部位に位置するようになり、他の光部品との光結合が困難になる。上述のように、溝12cの深さや突起11cの高さは10 $\mu$ m以上なので、他の光部品との光結合が困難になる。

【0018】続いて、上記高さ調整の問題については図13を参照して具体的に説明する。図13は半導体レーザ11を基板12にジャンクションダウンでボンディングする場合に図10(D)の方法を用いる場合の問題点を説明するための図である。図13(A)は正面図、図13(B)は側面図である。ここに14は半導体レーザ11の活性層、h1は基板の平坦部の表面からみた突起部11d1と11d2の高さである。h1はエッチングの速度とエッチングの時間とによって決まるものであり、その精密な制御を行うことは困難である。そのためh1を精密に調節することは困難である。

【0019】さらに、基板表面の突起部12d1と12d2があるため、フォトリソグラフィ技術等を用いてこの表面に他の部品を位置合わせするための精密な位置合わせ構造、例えば図10(E)のような光ファイバを位置決めするための溝等、を形成することが困難になる。よって、この方法を用いて光部品を精密に位置合

せるのは困難である。

【0020】次に、図11に示す自己位置整合ボンディングを用いると、次に述べるような理由により、半導体レーザと光導波路と光ファイバの光軸高さを合わせることに困難になり、その結果光結合が困難になる問題を生ずる。上記理由を説明するために、まず半導体レーザと光導波路の光軸高さの違いについて図14を参照して説明し、次いで図15を参照して光軸高さが違うことに起因する問題点及び光ファイバとの光結合を行う際の問題点について説明する。

【0021】図14(A)は半導体レーザの活性層の高さを説明する図、図14(B)は石英系光導波路の構造を説明する図である。半導体レーザの活性層14はその基板の表面からh2(1~2 $\mu$ m)の位置に形成される。これに電極の厚さが加わり、基板に載置したときその光軸中心は基板表面より1~5 $\mu$ mの高さに位置するようになる。次に、石英系光導波路15はそのコア層17aの厚さが5~10 $\mu$ m、クラッド層17及びブクラッド層17bの厚さが25~30 $\mu$ mである。

【0022】そのため、コア層17aの中心の高さは27 $\mu$ m以上になる。このように半導体レーザと石英系光導波路とはその光軸中心高さが大きく異なる。従って、図11に示した自己位置整合ボンディングを用いて半導体レーザと石英系光導波路とを光結合しようとする、図15(B)に示すように半導体レーザのボンディングには比較的大きな溶融金属部材18が必要になる。

【0023】しかしながら、文献IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS, HYBRIDS, AND MANUFACTURING TECHNOLOGY, V OL.15, NO.2, APRIL 1992, PP.225-230に記載されているように、溶融金属部材が大きくなると位置精度が低下しやすくなる問題が生ずる。次に、図15(B)の光結合系では、光ファイバとの光軸の高さ合わせが困難になる問題をも生ずる。図13(E)あるいは図15(A)から明らかなように、光ファイバをシリコン基板12を異方性エッチングして形成した溝12eでガイドすると、光ファイバの中心(これは光軸位置に相当する)の高さは溝の幅と光ファイバの直径によって決まる。

【0024】そして、光ファイバを溝12eの斜面に内接させて載置しようとする、光ファイバの光軸のとりうる高さの最大値は光ファイバの直径のみによって決まる。幹線系の光通信に最も多く用いられているシングルモード光ファイバ13は、その直径が125 $\mu$ mであり、この光ファイバを用いたときの光ファイバの光軸のとりうる高さの最大値は36 $\mu$ mである。光ファイバの光軸の高さを最大値に設定すると安定性が悪いので、実用性を考慮し実際には光軸高さは30 $\mu$ m以下に設定される。

【0025】一方、図14で説明したように、実用的な石英系光導波路においては、その表面からコア中心までの距離(図14のh3に相当するもの)が27 $\mu$ m以上

10

20

30

40

50

のものが用いられる。従って、自己位置整合ボンディングを用いて、このような光導波路と光ファイバを光軸高さを一致させて基板上に載置しようとする、自己位置整合ボンディングに用いる溶融金属部材19の高さを2~3 $\mu\text{m}$ 以下にしなければならない。

【0026】しかし、溶融金属部材が自己位置整合作用を呈するためにはある程度の厚さが必要であり、例えばこの溶融金属部材19は、半導体レーザをボンディングした後においてその高さが少なくとも10 $\mu\text{m}$ より大であることが好ましい。溶融金属部材19の厚さが10 $\mu\text{m}$ より大であると、ボンディング後の図15(B)の高さh5は37 $\mu\text{m}$ より大となる。従って、図15(B)に示すように石英系光導波路15と光ファイバ13との高さが一致しなくなる問題を生ずる。そのため、半導体レーザと石英系光導波路と光ファイバの光結合に自己位置整合ボンディングを用いることは好ましくない。

【0027】続いて、図16を参照して、自己位置整合ボンディングの他の問題点を説明する。図16(A)は図11に示す自己位置整合ボンディングを用いて半導体レーザ11と光導波路15と光ファイバ13とを光結合する例を示すものである。ここにG1及びG2はそれぞれ自己位置整合して固定された後の半導体レーザ11と光導波路15とのギャップ及び光導波路15と光ファイバ13とのギャップの大きさを示している。高い光結合効率を得るためにはできるだけG1とG2を小さくすることが望ましい。

【0028】図から明らかなように、G2を小さくするにはパターン12gをできるだけ溝12eに近づける必要がある。このパターン12gはフォトレジストに転写したパターンを用いて形成されるものである。しかし、光ファイバを嵌合させるための溝12eは、フォトリソグラフィプロセスを行うには非常に深い(光ファイバの直径125 $\mu\text{m}$ のときその深さは50 $\mu\text{m}$ 以上)ものである。

【0029】そのため、フォトレジストを塗布すると図15(B)に示すように、溝周辺ではフォトレジストの厚さが不均一になる。このようなフォトレジストを用いてパターン形成すると、パターン12gのうち溝近傍のパターンはその形状精度が劣化しやすくなる。このパターンの形状精度の劣化は、高さ及び位置精度の劣化を招くため好ましくない。

【0030】そこで、パターンの形状精度の劣化を防止するために溝12eの先端とパターン12gとの距離を大きくしなければならない。この結果、自己位置整合ボンディングを用いて光ファイバと他の光部品との光結合を行うとG2が大となり、結合効率が劣化する問題を生ずる。

【0031】次に、ギャップG1の大きさについて図15を参照し説明する。図11で説明したように、自己位置整合ボンディングを行うに際しては最初に仮固定を行

いリフローする。例えば、図15(A)のように二つの部品をボンディングする場合には最初に両方の部品を仮固定し、次いでリフローを行う。この仮固定の際、部品を載置するための装置の誤差が原因となって、いくらかの位置誤差を生ずる。例えばこの位置誤差の大きさは10 $\mu\text{m}$ 程度である。

【0032】図15(A)のように半導体レーザ11と光導波路15を仮固定する場合には、半導体レーザ11が右側に10 $\mu\text{m}$ づれて仮固定され、光導波路が左側に10 $\mu\text{m}$ づれて仮固定されると、最大では20 $\mu\text{m}$ の相対的ずれを生ずる。従って、ギャップG1が10 $\mu\text{m}$ より小さいと、図15(C)のように光導波路が半導体レーザに衝突する問題を生ずる。これを避けるためには、ギャップG1を大としないといけないので、光結合率が低下する問題を生ずる。

【0033】さらに、図10及び図11の各従来例に共通の問題として、半導体レーザ、光導波路及び光ファイバ等を嵌合させるための嵌合構造を形成する際、その嵌合すべき部品が異なると、該嵌合構造の形成に用いる加工手段、その加工工程が進行する時間及び雰囲気異なったものとなるという問題がある。

【0034】具体的には、例えば、光ファイバを嵌合させるための溝の形成には第1のフォトマスクを用いてパターンを基板上に転写し、この転写されたパターンをマスクとして用いてエッチング等により溝を形成する。次に他のフォトマスクを用いて半導体レーザ用のボンディングパターン形成したりあるいはレーザの突起や溝と嵌合させるべき部品嵌合部を形成する。

【0035】このように従来の方では基板上に部品嵌合部を形成する際、それぞれの部品ごとに異なるフォトマスクを使用しなければならない。このようにすると、フォトマスクを交換するたびに合わせ誤差を生じ、その結果光部品の位置合わせ精度が低下し、結合効率が低下する問題がある。

【0036】さらに、ファイバを嵌合すべき溝をエッチングする時間と他の部品を嵌合すべき溝をエッチングする時間とが異なると、エッチング速度やサイドエッチングの大きさなどが微妙に異なってくるため(即ち加工を行う時間の同時性が失われる加工工程の同質性が失われるため)加工誤差が大きくなやすい。特に、エッチングの速度の違いによって溝の深さ等の制御性が悪くなるため、図10(D)の例のように、高さ方向の誤差が大きくなり易いという問題がある。

【0037】そこで、本発明は上記課題に鑑みなされたもので、基板上の嵌合部の加工工程の同質性及び同時性を向上させ、光部品の位置合わせの精度を向上させることをその一つの目的とするものである。さらに第1の目的達成のための主要な手段により、光軸高さ調節の自由度を向上させ、かつ、ギャップG1又はG2を小さくして結合効率を向上させることができる光学装置を提供す

ることを目的とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】請求項1では、嵌合部が形成された少なくとも1個の第1の光部品を基板に形成した該第1の光部品の嵌合部と嵌合する第1の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定し、かつ少なくとも1個の第2の光部品を基板に形成した該第2の光部品と嵌合する第2の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定して該第1の光部品と該第2の光部品とを光結合してなり、前記基板の前記第1及び第2の部品嵌合部が、共に半導体製造と同一の加工手段で同時に加工工程を進行させて形成されてなる光学装置が構成される。

【0039】請求項2では、嵌合部が形成された少なくとも1個の第1の光部品を基板に形成した該第1の光部品の嵌合部と嵌合する第1の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定し、かつ嵌合部が形成された少なくとも1個の第2の光部品を基板に形成した該第2の光部品の嵌合部と嵌合する第2の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定して該第1の光部品と該第2の光部品とを光結合してなり、前記基板の前記第1及び第2の部品嵌合部が、共に半導体製造と同一の加工手段で同時に加工工程を進行させて形成されてなる光学装置が構成される。

【0040】請求項3では、嵌合部が形成された少なくとも1個の第1の光部品を基板に形成した該第1の光部品の嵌合部と嵌合する第1の部品嵌合部に嵌合させて位置決め固定し、かつ少なくとも1個の第2の光部品をガイドすると共に、基板に形成した第2の部品嵌合部に嵌合する嵌合部を有する固定部材で該第2の光部品を位置決め固定して該第1の光部品と該第2の光部品とを光結合してなり、前記基板の前記第1及び第2の部品嵌合部が、共に半導体製造と同一の加工手段で同時に加工工程を進行させて形成されてなる光学装置が構成される。

【0041】請求項4では、請求項1〜3の何れか一項において、前記基板にシリコン基板を用い、前記第1及び第2の部品嵌合部のそれぞれがシリコンを異方性エッチングして形成した逆ピラミッド状の溝、又は断面V字型の溝、又は断面逆台形の溝、又は断面が台形の帯状の突起のうちの一つである。

【0042】請求項5では、請求項1〜3の何れか一項において、前記第1若しくは第2の光部品に形成された嵌合部、又は前記固定部材に形成された嵌合部のうちの少なくとも一がパターンに被着した常温で固相である部材を、表面張力のみによるポテンシャルが最小となる形状に変化させるべく液相化し、該形状を維持させつつ固相化した突起部でなる。

【0043】請求項6では、請求項3記載の固定部材の嵌合部が溝で形成されてなる。請求項7では、光部品、又は該光部品を位置決めするための固定部材である第1の部品を、基板である第2の部品に位置決め載置するもので、該第1又は第2の部品の一方に突起部を形成する

と共に他方に該突起部と嵌合するくぼみ部を形成するものであり、前記第1又は第2の部品に形成された突起部が、パターンに被着した常温で固相である部材を、表面張力のみによるポテンシャルが最小となる形状に変化させるべく液相化し、該形状を維持させつつ固相化して形成されてなる光学装置が構成される。

【0044】請求項8では、請求項7記載のくぼみ部が形成される部品が単結晶部材で形成され、該くぼみ部が単結晶部材を異方性エッチングにより逆ピラミッド状の溝、又は断面V字型の溝、又は断面逆台形の溝で形成されてなる。請求項9では、請求項8記載の単結晶部材が、シリコン単結晶、GaAs単結晶、GaAlAs単結晶、InP単結晶、InGaAs単結晶、InGaAsP単結晶、又はInAlAs単結晶の部材が用いられる。

【0045】請求項10では、請求項5、7、8及び9の何れか一項において、前記突起部の表面に、該突起部を形成する部材より軟化温度の高い材料、及び該突起部を形成する部材より硬度の大きな材料の少なくとも何れか一方の材料よりなる皮膜が被着されてなる。

【0046】請求項11では、請求項1〜10の何れか一項において、前記光部品は、光半導体装置、光導波路装置、光ファイバの何れかを少なくとも含んで構成される。

【0047】

【作用】請求項1の発明では、嵌合部を形成した第1の光部品の該嵌合部を基板に形成した第1の部品嵌合部に嵌合させて位置合わせし、かつ、第2の光部品そのものを基板に形成した第2の部品嵌合部に嵌合させて位置合わせする。そして、該第1の部品嵌合部と第2の部品嵌合部を形成する際、その両方を、半導体製造と同一の加工手段として基板にパターンを転写する方法と同一の方法（以下これを「微細パターン転写技術」という）により一時に転写されたパターンを用い、これをマスクに位置と形状とを限定し、かつ、同一の加工手段による加工工程を同時に進行させることによって形成するものである。これにより、パターン転写と加工工程の両方について、同時性と均質性が担保される。そのため、第1の部品嵌合部と第2の部品嵌合部の相対位置が精密に位置合わせされるとともに、その形状が均一になり、両者の位置合わせ精度が向上する。

【0048】請求項2の発明は、請求項1の発明において、第2の光部品に嵌合部を形成し、該嵌合部を基板上の第2の部品嵌合部に嵌合させるようにし、これ以外を請求項1の発明と同じにしたものである。本発明によっても請求項1の発明と同様の作用により同様の効果が得られる。

【0049】請求項3の発明は、請求項1の発明において、第2の光部品を、第2の光部品を位置決めするための部材である固定部材により位置決めし載置するものである。その際、該固定部材に嵌合部を形成し、該嵌合部

10

20

30

40

50



11

を基板上の第2の部品嵌合部に嵌合させるようにし、これ以外を請求項1の発明と同じにしたものである。本発明によっても請求項1の発明と同様の作用により同様の効果が得られる。

【0050】請求項4の発明は、請求項1及び請求項2及び請求項3の発明における第1の光部品嵌合部及び第2の光部品嵌合部の形成方法に関するもので、基板にシリコン基板を用い、嵌合部を異方性エッチングによって形成すべき断面が逆ピラミッド状の溝、断面がV字型の溝、断面が逆台形の溝、又は断面が台形の突起にする。

このようにすることにより、容易に、一時に、均質で高精度の嵌合部を形成できるようになる。

【0051】さらに、本発明を用いると、微細パターン転写技術を用いて平坦な基板上へ1回だけパターンを転写するだけでエッチング用マスクパターンを形成できる。そのため、図15(B)の従来例のようにフォトリソの厚さの不均一によりパターン精度が劣化するようなことは起こらなくなる。

【0052】請求項5の発明は、請求項1及び請求項2及び請求項3の発明における嵌合部の形成方法に関するもので、嵌合部が、パターンに被着させた常温（あるいは室温）において固相である部材を液相に相変化させ、液相化したときの表面張力のみによるポテンシャルが最小になるように形状を変化させ、この表面張力によるポテンシャルが最小である形状を保持したままで再び固相に相変化させ、常温（あるいは室温）において外力が加わった場合でもその形状を維持するようにして形成した突起部によって成るものとする。なお地上においては上記表面張力に力学的作用による重力や気体分子の対流による力等が加わる場合があるものとする。更に、上記方法により形成される突起部は第1の光部品の嵌合部と第2の光部品を固定するための固定部材の嵌合部の両方に適用可能なものである。また、上記常温とは、本発明による光学装置が使用あるいは保管される温度範囲のことであり、地球上においてはおよそ-40℃から100℃範囲と考えればよい。

【0053】これにより、上記パターンに被着した部材の体積とパターンの形状が決まれば、常に同一形状の突起部が形成されるようになる。そして、突起部の形状の同一性が向上すると光部品の位置合わせ精度が向上する効果が得られる。特に、上記突起部を形成する部材を被着させるパターンに円形パターンや長方形のパターンを用いると球形あるいは円柱形の突起部が形成される。これらの突起部を、左右対称な溝に、両者の対称軸の向きが一致するようにして嵌合させると、正確に左右の一致をさせることができるようになる。よって左右方向の位置ずれが極めて小さい位置決めが実現される効果が得られる。さらに、該突起を溝に嵌合させた場合の高さ方向の誤差は突起部を形成する部材の体積の誤差の立方根に比例する。そのため、突起部を形成する部材の体積の誤

12

差が比較的大きい場合でも、高さ誤差が小さなものに抑えられるようになる効果も生じる。

【0054】さらに、該突起部を請求項3の発明における部品嵌合部となるべき溝に嵌合させた場合には、溝の大きさを変えるかあるいは該突起の大きさを変えると光部品の光軸の高さを調節することが可能になる。請求項6の発明では、請求項3の発明における固定部材の嵌合部の形成方法に関するもので、嵌合部を固定部材に形成した溝にし、これに嵌合すべき部品嵌合部を台形状の突起にすれば、該固定部品の溝で光ファイバ等の円柱状の光部品をガイドし更に該固定部品の溝を該部品嵌合部に嵌合させる。これにより、光ファイバ等の光部品を位置決めすることが可能になる。

【0055】請求項7の発明は、光部品を他の部材に位置決め固定する際に、一方に突起部を形成し他方にくぼみ部を形成して互いに嵌合させるもので、その際、上記嵌合部が、パターンに被着させた常温（あるいは室温）において固相である部材を液相に相変化させ、液相化したときの表面張力のみによるポテンシャルが最小になるように形状を変化させ、この表面張力によるポテンシャルが最小である形状を保持したままで再び固相に相変化させ、常温（あるいは室温）において外力が加わった場合でもその形状を維持するようにして形成した突起部によって成るものとする。なお、地上においては上記表面張力に力学的作用による重力や気体分子の対流による力等が加わる場合があるものとする。また、上記常温とは、本発明による光学装置が使用あるいは保管される温度範囲のことであり、地球上においてはおよそ-40℃から100℃の範囲と考えればよい。

【0056】このようにすると、上記パターンに被着した部材の体積とパターンの形状が決まれば、常に同一形状の突起部が形成されるようになる。そして、突起部の形状の同一性が向上すると光部品の位置合わせ精度が向上する効果が得られる。特に、上記突起部を形成する部材を被着させるパターンに円形パターンや長方形のパターンを用いると球形あるいは円柱形の突起部が形成される。これらの突起部を、左右対称な溝に、両者の向きが一致するようにして嵌合させると、正確に左右の位置を一致させることができるようになる。よって左右方向の位置ずれがきわめて小さい位置決めが実現される効果が得られる。さらに、該突起を溝に嵌合させた場合の高さ方向の誤差は突起部を形成する部材の体積の誤差の立方根に比例する。そのため、突起部を形成する部材の体積の誤差が比較的大きい場合でも、高さ誤差が小さなものに抑えられるようになる効果も生ずる。さらに突起の大きさを調節するかあるいは溝の大きさを調節するかあるいは突起と溝の両方の大きさを調節すれば高さを調節することが可能になる。

【0057】請求項8の発明では、請求項7の発明におけるくぼみ部を単結晶を違法性エッチングして形成した

13

溝とする。これにより、溝が深い場合であっても、比較的簡単に精度の高い溝を形成することが可能になる。請求項9の発明では、請求項8の発明における単結晶部材をシリコン単結晶、GaAs単結晶、GaAlAs単結晶、InP単結晶、InGaAs単結晶、InGaAsP単結晶、InAlAs単結晶、のうちの1つとする。これにより、異方性エッチングが容易である。

【0058】請求項10の発明は、請求項5又は請求項7又は請求項8又は請求項9の突起部の表面に、突起部を構成する材料よりも熱による軟化が起こり始める温度が高く、かつ突起部を構成する材料よりも硬度が大である材料の皮膜を被着させるものである。これにより、該突起部を溝状の部品嵌合部に嵌合させ、圧力を加えた場合に変形が小さくなり、該皮膜がない場合に比べ位置ずれが小さくなる効果が生じる。

【0059】請求項11の発明では、光半導体装置、光導波路、光ファイバの位置合わせ及びこれら相互の位置合わせを行わせる。これにより、位置合わせ精度の向上、高さ調整の自由度の向上が実現される効果が得られる。

【0060】

【実施例】図1に、本発明の第1実施例の主要部の構成図を示す。図1に示す光学部品21は、基板22上に第1の光部品としての半導体レーザ23と第2の光部品としての光ファイバ24とを取りつけて光結合する場合を示している。基板22は例えば(100)面シリコン基板である。基板表面には、第1の部品の嵌合部としての所定数(図1では7個)の半導体レーザの嵌合部27を嵌合させる溝(凹部、あるいはくぼみ部)25a、25bと第2の部品嵌合部としての光ファイバ嵌合用の溝26が形成されている。

【0061】第1及び第2の部品嵌合部は、フォトマスクを用いて基板上に転写したパターンをマスクに、アルカリエッチャントで異方性エッチングを行い形成したものである。なお、シリコン基板の異方性エッチングについては、文献IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. ED-25, NO. 10, OCTOBER 1978, PP. 1185-1193 に詳細に記載されている。本実施例では、1枚のフォトマスクで第1の部品嵌合部25a、25bと第2の部品嵌合部26を形成すべきパターンの転写を行い、さらに同じ工程で一時にこの二つの部品嵌合部の異方性エッチングを行う。

【0062】なお、前記パターンの転写に電子ビームやレーザビームによる直接描画やいわゆるステッパといわれる装置を用いる方法等、半導体集積回路の製造時に用いられる方法を用いてもよいことはいふまでもない。半導体レーザ23には、第1の部品の嵌合部としての所定数(図1では7個)のバンパ(あるいは突起)27が濡れ性のあるパターン(図には表われず)に被着されて形成されている。このバンパ27は金属皮膜による円形パ

14

ターン上にAuSn(金錫)共晶合金を所定の厚さ所定の直径の円板状に被着させ、次いで無酸素雰囲気中で320℃に加熱して表面張力のみによるポテンシャルが最小となる形状とし、再び冷却して形成したものである。すなわち、重力が上記金属皮膜による円形パターンの面と垂直になるように基板を配置して上記加熱を行えば、金属皮膜に接する部分以外はほぼ真球近い表面形状になる。

【0063】このようにして、第1の部品嵌合部25a、25b及び第2の部品嵌合部26が形成された基板22と嵌合部26が形成された半導体レーザ23とシングルモード光ファイバ24とを用い、半導体レーザ23の嵌合部27を第1の部品嵌合部25a及び25bに嵌合させて固定し、光ファイバ24を該第2の部品嵌合部26に嵌合させて固定して両者を光結合する。

【0064】このように基板22に上記同一のフォトマスクを用いてパターンを転写し、一時に異方性エッチングを行って第1の部品嵌合部25a、25bと第2の部品嵌合部26を形成できることから、これらの部品嵌合部の位置精度が向上し、さらにこれらの部品嵌合部の形状の均一性が向上する。その結果半導体レーザと光ファイバの位置ずれが小さくなり、光結合効率が向上する。

【0065】また、部品嵌合部となるべき溝25a、25b、26の大きさを変えることにより、光部品の高さを調節することが可能になる。さらに、半導体レーザ23の嵌合部となるバンパ27の大きさを変えることにより半導体レーザの高さを調節することが可能になる。また、第1の部品嵌合部25a、25bと第2の部品嵌合部26を一時にエッチングすると、製造時間が短縮される。

【0066】なお、本実施例において図1の部品嵌合部25bの表面にも金属皮膜を形成し、さらに半導体レーザ上のバンパ27のうち、部品嵌合部25bに対向するものを錫あるいはインジウム等の金錫共晶合金よりも低融点のものとすると、これを用いて半導体レーザを基板上に固定することができる。例えば、バンパ27を部品嵌合部25a、25bに嵌合させ、240℃まで加熱し再び冷却すれば、錫あるいはインジウム等により半導体レーザ23が基板22上に固定される。

【0067】さらに、図1の部品嵌合部25b及び半導体レーザのそれに対向する部位に後述の図2の符号29、30及び31で示すような、金属皮膜29、錫あるいはインジウム等の金錫共晶合金よりも低融点の金属30、金属皮膜31bを形成してもよい。この場合にも、バンパ27を部品嵌合部25aに嵌合させ、かつ、30bを31bに接触させて240℃まで加熱し、再び冷却すれば、錫あるいはインジウム等により半導体レーザ23が基板22上に固定される。

【0068】次に、図2に、本発明の第1実施例の他の実施例の要部の構成図を示す。図2の光学装置21は、シリコン基板22に異方性エッチングにより、第2の光



15

部品である光ファイバ24を嵌合させるための第2の部品嵌合部（又はくぼみ部）26と第1の光部品である半導体レーザ23の嵌合部32a、32bを嵌合させるための第1の部品嵌合部（又はくぼみ部）28a、28bとを形成し、さらに該第1の部品嵌合部28aと28bとの間の部位に長方形の溶融金属部材（バンパ30を形成する溶融金属部材）に濡れ性のあるパターン29（具体的には金属皮膜）、溶融金属部材によるバンパ30（具体的には錫あるいはインジウム）が形成されたものである。該溶融金属部材によるバンパ30は、パターン29上に被着させた部材を加熱して溶融させ再び冷却することにより、図のように蒲鉾状に形成される。

【0069】半導体レーザには、所定数（図2では3個）の溶融金属部材30あるいは32a、32bに濡れ性のあるパターン31a、31b、31cが形成され、両端のパターン31a、31cには溶融金属部材（具体的には金錫共晶合金等）による蒲鉾型のバンパ（又は突起部では第1の光部品の嵌合部に相当する）32a、32bが形成されている。

【0070】半導体レーザは、例えばバンパ32a、32bを第1の部品嵌合部28a、28bに嵌合させ、かつ、溶融金属部材30をパターン31bに接触させ、240℃まで加熱し再び冷却して固定される。次いで、光ファイバ24を第2の部品嵌合部26に嵌合させ、半導体レーザと光結合する。

【0071】このように構成することにより、本実施例においても、図1の実施例と同様に、高精度な位置合わせ、光軸高さ調整の自由度の向上が実現される。図1及び図2の実施例では、バンパ27、32a、32b、30を金錫共晶合金及び錫又はインジウムによるものとしたが、本発明においてはこれには限られず、いわゆる半田等の他の低融点合金、その他の低融点合金あるいは低融点の単一金属で形成されたものでもよい。特に、バンパ27、32a、32bについては、熱可塑性プラスチック、低融点ガラスなどでもよい。

【0072】なお図2の実施例において、パターン29、バンパ30及びパターン31bは半導体レーザを基板に引きつけるため及び必要な場合には電気的な接続を行うものであるため、その位置精度は要求されない。例えば、特願平6-38863号に説明されているように、パターンの面積と基板と半導体レーザ間のギャップとを考慮してバンパの体積を調節することにより、半導体レーザを基板に引きつけ固定する作用を持たせることができる。このことは、以下の実施例においても同様である。

【0073】次に、図3に、本発明の第2実施例の要部構成図を示す。図3の実施例に用いられる基板22は、図1の実施例の一部を変形したものである。具体的には、図1の実施例の第2の部品嵌合部を断面がV字形の溝から両側に斜面33を有する突起（又は断面が台形の

16

帯状の突起）に置き換え、かつ、第2の光部品である光ファイバ24を溝35aを有する固定部材35によって位置決めし基板上に載置するようにしたものである。

【0074】ここに、斜面33を有する突起は、異方性エッチングで掘り下げられた段差底部34a、34b（深さは例えば10～100μm）によって形成される。光ファイバ24は固定部材の溝35aに嵌合され、更に該溝の先端側面が突起の斜面33に嵌合される。これにより光ファイバ24が位置決めされ基板上に位置される。

【0075】半導体レーザの位置決め方法は図1の実施例と同じであり、図1の実施例と同様の製造工程、位置決め工程、固定方法が用いられる。更にその変形構成等についても図1の実施例と同じものを用いることができる。本実施例においても、図1の実施例と同様、第1の部品嵌合部25a、25bと第2の部品嵌合部33を異方性エッチングで一時に形成することができるので、その相対的位置精度及び形状の均一性が向上し、製造時間が短縮される効果を生ずる。更に、第1の光部品に形成した嵌合部の大きさあるいは第1の部品嵌合部の大きさを調節することにより、高さを調節可能になる効果を生ずる。

【0076】更に、基板22を第1の光部品を含む部分と第2の光部品を含む部分に分割し、本出願人が先に出版した特願平5-297136号に記載された方法を用いて高さ調節して再配列すると、高さ調節の自由度がさらに大きなものとなる。次に、図4に、本発明の第2実施例の変形例による光学装置の要部構成図を示す。図4の実施例に用いられる基板22は、図2の実施例の一部を変形したものである。具体的には、図2の実施例の第2の部品嵌合部を断面がV字形の溝から両側に斜面33を有する突起（又は断面が台形の帯状の突起）に置き換え、かつ、第2の光部品である光ファイバ24を溝35aを有する固定部材35によって位置決めし基板上に載置するようにしたものである。これは、図1の実施例と図3の実施例との関係と同じである。

【0077】本実施例においても、図2の実施例と同様、第1の部品嵌合部25a、25bと第2の部品嵌合部33を異方性エッチングで一時に形成することができるので、その相対的位置精度及び形状の均一性が向上し、製造時間が短縮される効果を生ずる。更に、第1の光部品に形成した嵌合部の大きさあるいは第1の部品嵌合部の大きさを調節することにより、高さを調整可能になる効果を生ずる。

【0078】更に図3と図4に共通の効果として、光ファイバの先端を半導体レーザに接近させることができ、結合効率が向上する効果が得られる。次に、図5及び図6に、図3及び図4の変形例の要部構成図を示すものである。図3及び図4の実施例においては第1の光部品の嵌合部を突起状のバンパ（又は突起部）27、32a、

10

20

30

40

50

17

32bで構成し、第1の部品嵌合部を溝（又はくぼみ部）25a、25b、28a、28bで構成していたが、位置決め及び高さの調節を目的とするのであればこの構成にとらわれる必要はなく、これらを逆にしてもよい。

【0079】図5の実施例は、この考えに基づき、図3の実施例における基板上の第1の部品嵌合部25aに相当するものを溶融金属部材によるバンパ（又は突起部）38a、38b、38c、38dに置き換え、かつ、第1の部品嵌合部25bに相当するものを溶融金属部材によるバンパに塗れ性のあるパターン36に置き換え、かつ、第1の光部品の嵌合部に相当するバンパ（又は突起）27の一部を半導体レーザ23に形成した溝（又はくぼみ部）39a、39b、39c、39dに置き換え、かつ、第1の光部品の嵌合部に相当するバンパ（又は突起部）27の一部を半導体レーザ23に形成した溶融金属部材によるバンパ32cに置き換えたものである。

【0080】ここに、37a、37b、37c、37dはバンパ（又は突起部）38a、38b、38c、38dに塗れ性のある円形パターン、31bは溶融金属部材32cに塗れ性のある長方形のパターンである。図6の実施例は、図4の実施例における第1の光部品の嵌合部を溶融金属部材32cと溝（又はくぼみ部）40a、40bを有するものとし、第1の部品嵌合部を溶融金属部材によるバンパ（又は突起部）30a、30bと溶融金属部材32cに塗れ性のあるパターン36bに変更したものである。これはちょうど図4の実施例のレーザ固定部に係るレーザ表面と基板表面の構造を入れ替えたものと同じである。

【0081】図5及び図6の実施例の半導体レーザ23の溝39a、39b、39c、39d、40a、40bはフォトリソグラフィプロセスで形成したパターンをマスクにして、半導体レーザを構成する基板を異方性エッチングして形成される。そのため、比較的容易に深くかつ精度の高い溝を形成することができる。

【0082】図5及び図6の実施例においては、段差底部34a、34bによる段差を10～20μm程度の小さなものとした場合でも容易に光ファイバを位置決めすることができる。段差が小さいため、前述の図15

(B)で述べたフォトリソグラフィプロセスで形成したパターンの不均一性という問題が軽減される効果を生ずる。

【0083】更に、本実施例ではパターン37a、37b、37c、37d、36a、36bを段差底部34a、34bから離すことができ、これらのパターンを段差底部34a、34bから離すことにより、図15

(B)の従来例で問題となった溝付近のパターンの精度の劣化を無視できるようになる。また、これらのパターンが段差底部34a、34bから離れて半導体レーザ23と段差底部34a、34bとの距離が離れても、光フ

18

ァイバをスライドさせれば半導体レーザに接近させることができる。そのため、半導体レーザ23と段差底部34a、34bとの距離が離れても結合効率を向上させることができる。

【0084】なお、図5及び図6の実施例についても、基板22を第1の光部品を含む部分と第2の光部品を含む部分に分割し、上記特願平5-297136号に記載された方法を用いて高さ調節して再配列すると、高さ調整の自由度をさらに大きくすることができる。

10 【0085】次に、図7に、第2実施例の他の実施例の要部構成図を示す。図7に示す光学装置21は、基板22の光ファイバ（第2の光部品に相当する）34を搭載する領域33の両側に各一列で異方性エッチングにより所定数の溝（又はくぼみ部で第2の部品嵌合部に相当する）41a、41bが形成される。また第1の光部品である半導体レーザ23が取り付けられる位置に長方形のバンパ30に濡れ性のあるパターン29が形成され、該パターン上に長方形のバンパ30が形成され、その四隅近傍に異方性エッチングにより溝（又はくぼみ部で第1の部品嵌合部に相当する）42a、42b、42c、42dが形成されている。

【0086】半導体レーザの底面には、金錫共晶合金（溶融金属部材）による半球状のバンパ（又は突起部で第1の光部品の嵌合部に相当する）27a、27b、27c、27dとバンパ30に濡れ性のあるパターン31bが形成されている。ここにバンパ30は、例えばインジウムあるいは錫で形成される。なお、上述のように、パターン29とパターン31b及びバンパ30は半導体レーザを基板に引き寄せること及び必要な場合には電気的接続を行うことを目的としたものであるため、その位置精度は要求されない。

【0087】光ファイバを押圧固定する固定部材（第2の光部品を位置決めするための固定部材に相当する）35には、嵌合溝35aが形成されると共に、その両側に基板22の溝42a、42b、42c、42dに嵌合すべき金錫共晶合金よりなる半球状のバンパ（又は突起部で第2の部品を位置決めするための固定部材に形成された嵌合部に相当する）43a、43bが所定数形成されている。

40 【0088】ここに半導体レーザ23の突起部27a、27b、27c、27dはパターンに金錫共晶合金を被着させ、加熱して液相化し、表面張力により球形になったところで再び冷却し、固相化させて形成したものである。以上の部材を用い、半導体レーザ23の突起部27a、27b、27c、27dを溝42a、42b、42c、42dに嵌合させ、更にバンパ30が溶融する温度まで加熱し、次いで冷却して半導体レーザを固定する。次いで固定部材35で光ファイバを押圧固定する。固定部材35は突起部43a、43bを溝41a、41bに嵌合させて位置合わせされる。

【0089】以上の本実施例においても、溝42a, 42b, 42c, 42d, 41a, 41bを異方性エッチングで一度に形成するので位置精度と形状の均一性が向上する。更に、突起27a, 27b, 27c, 27d, 43a, 43b及び溝42a, 42b, 42c, 42d, 41a, 41bの大きさを変えることにより、容易に高さを調節することが可能になる。なお、パターン29、バンパ30及びパターン31bによって構成される半導体レーザを引きつけるためのしかけと同様のものを基板22と固定部材35に形成し、固定部材の固定に用いてもよい。

【0090】次に、図8に本発明の第3実施例の要部構成を示す。なお、この図は側面断面図である。図8に示す光学装置21は、基板22上に第1の光部品である半導体レーザ23、第2の光部品である光導波路及び第3の光部品である光ファイバ24を設置し光結合したものである。

【0091】本実施例の基板22には、異方性エッチングで光ファイバ24を嵌合する溝（第3の部品嵌合部に相当する）26と半導体レーザ23に形成されたバンパ（又はくぼみ部で第1の光部品の嵌合部に相当する）27が嵌合するべき溝（又はくぼみ部で第1の部品嵌合部に相当する）25と光導波路51に形成されたバンパ（又は突起部で第2の光部品の嵌合部に相当する）53が嵌合するべき溝（又はくぼみ部で第2の部品嵌合部に相当する）54とが形成されている。

【0092】本実施例に用いられる光導波路51は、例えばイオン交換といわれる手法により、表面近傍の特定部位のみに異なる金属イオンを分布させ、高屈折率のコア51aを形成したガラス導波路である。この導波路のコアは、基板表面より10 $\mu$ m程度のところに形成される。なお、表面に金属イオンを拡散させてコアを形成した導波路等を用いてもよい。この場合にはコアは基板表面より2～5 $\mu$ m程度のところに形成される。

【0093】半導体レーザ表面のバンパ27と光導波路表面のバンパ53は、該バンパ27, 53を構成する部材に対して濡れ性のあるパターン23a, 51a上に該バンパとして例えば金錫共晶合金等の溶融金属部材を被着させ、次いでこの溶融金属部材の融点以上に加熱して液相化し、表面張力で半球状になったところで再び冷却する方法で形成したものである。なお、このバンパ27, 53は、常温で固相で加熱等により液相に相変化可能で、かつ液相時に、表面張力の働きで球になる程度に、十分粘性が低いものであれば他の材料を用いてもよい。

【0094】半導体レーザのバンパ27を溝25に嵌合させ、光導波路のバンパ53を溝54に嵌合させ、光ファイバを溝26に嵌合させてこれらの位置合わせを行い光結合を行う。このように、本実施例により溝25と溝54と溝26を異方性エッチングで一時に形成するの

で、その相対位置精度と形状の均一性が向上する効果が得られる。また、バンパ27, 53及び溝25, 54のサイズを換えて半導体レーザと光導波路の光軸高さを調節できる。さらに、溝25, 54の側面が（じょうごのように口が広がるような状態で）斜めになっているので、半導体レーザ23及び光導波路51を基板22に搭載する際、ある程度の位置合わせが行われれば、溝25, 54の中にバンパ27, 53が自動的に引き込まれる。そのため、前述の図15（C）の問題（部品搭載時の位置誤差による部品間の衝突）が生じにくくなる。

【0095】次に、図9に、第4実施例の要部構成図を示す。なおこの図9（A）と図9（B）は側面図である。図9（A）は、基板上に半導体レーザ（第1の光部品に相当する）23と光導波路（第2の光部品に相当する）61のみを搭載する例であり、図9（B）はそれに加えて基板上に光ファイバ（第3の光部品に相当する）24をも搭載する場合の要部構造である。この二つは光ファイバを嵌合させるための溝26の有無以外は同じであるので、以下の構造についての説明は、図9（A）について行う。

【0096】本実施例では半導体レーザ23は前述の図11に示した自己位置整合ボンディングにより基板22上に位置決めし、載置される。ここに27は溶融金属部材（具体的には例えば金錫共晶合金）22aと23aとは溶融金属部材27に濡れ性のあるパターンである。パターン22a, 23aと溶融金属部材27の大きさが調節され、基板表面からの活性層23bの中心の高さが30 $\mu$ mになるように調整されている。

【0097】光導波路61は、例えばクラッド層62bの厚さが25 $\mu$ m、コア層62aの厚さが6 $\mu$ mの石英系光導波路である。バンパ53と溝54はその大きさが調節され、基板表面からの導波路のコア層の中心の高さが30 $\mu$ mになるように調整されている。

【0098】以上の調節を行うことにより、半導体レーザ23と光導波路61の光軸高さが30 $\mu$ mに調節され、光ファイバと一致するようになる。即ち、本発明により前述の図14の問題点（石英系導波路の光軸高さがファイバーより高くなる問題）が解決される。

【0099】更に、本実施例では図15（C）の従来例の問題点である部品間の衝突が生じにくくなる効果がある。本実施例では自己位置整合ボンディングにより半導体レーザを最初にボンディングする。そのため光導波路を搭載する際には半導体レーザの位置ずれは解消されている。この状態で光導波路が半導体レーザに衝突するのは、導波路を搭載する際の位置ずれが半導体レーザと光導波路のギャップにより大になる場合である。前述の図15（C）では半導体レーザと光導波路の位置ずれの和が半導体レーザと光導波路のギャップより大になる場合に衝突が起こる。従って、本実施例を用いる場合の方が従来例に比べて衝突が起こりにくくなる。

## 21

【0100】また、溝54の側面が(じょうごのように口が広がるような状態で)斜めになっているので、光導波路51を基板22に搭載する際、ある程度の位置合わせが行われれば、溝54の中にパンパ53が自動的に引き込まれる。そのため、前述の図15(C)の問題(部品搭載時の位置誤差による部品間の衝突)は更に生じにくくなる。

【0101】次に、全ての実施例について、第1の光部品あるいは第2の光部品あるいは第1の部品嵌合部を形成するための突起部(材料を液相にし、表面張力で球面となったものを固相にして形成するもの)に、常温で固相が加熱等により液相に相変化可能で、かつ、液相時に表面張力の働きで球になる程度に十分粘性が低いものであれば他の材料も用いてもよい。

【0102】更に、該第1の光部品あるいは第2の光部品あるいは第1の部品嵌合部を形成するための突起部(材料を液相にし、表面張力で球面となったものを個別にして形成するもの)の表面に、真空蒸着法、メッキ、スパッタなどを用いて、この突起部を構成する材料よりも硬い材料又はこの突起部を構成する材料よりも軟化温度が高い材料又はこの突起部を構成する材料よりも硬い材料でかつこの突起部を構成する材料よりも軟化温度が高い材料による皮膜(厚さ0.1~5 $\mu$ m)を被着させてもよい。このようにすることにより、該突起部を溝(又はくぼみ部)に嵌合させ、圧力を加えた場合に変形しにくくなり、合わせ精度が向上する効果が得られる。

【0103】本実施例では、突起による嵌合部を形成すべき光部品の例として半導体レーザと光導波路の例を示したが、本発明の対象となる光部品はこれに限定されるものではなく平面的な基板を用いて製造される他の光部品一般にも適用可能である。

【0104】

【発明の効果】以上のように本発明による光学装置は、基板上の嵌合部の加工工程の同質性及び同時性が向上し、光部品の位置合わせの精度が向上する効果が得られるものである。さらに、光軸高さ調節の自由度が向上するとともに図15(A)に示すギャップG1又はG2を小さくすることが可能になり結合効率が向上する効果をも得られるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の主要部構成図である。

## 22

【図2】本発明の第1実施例の他の実施例の要部構成図である。

【図3】本発明の第2実施例の要部構成図である。

【図4】本発明の第2実施例の変形による光学装置の要部構成図である。

【図5】図3の変形例の要部構成図である。

【図6】図4の変形例の要部構成図である。

【図7】第2実施例の他の実施例の要部構成図である。

【図8】本発明の第3実施例の要部構成図である。

10 【図9】第4実施例の要部構成図である。

【図10】従来の光部品の基板への各種位置合わせの説明図である。

【図11】従来の位置合わせ固定で用いられる自己位置整合ボンディングの説明図である。

【図12】従来のジャンクションダウンによるボンディングの問題点の説明図である。

【図13】従来の高さ調整の問題点の説明図である。

【図14】従来の高さ方向の光軸合わせの問題点の説明図である。

20 【図15】光ファイバを使用したときの光軸高さ調整の問題点の説明図である。

【図16】従来の自己位置整合ボンディングの問題点の説明図である。

【符号の説明】

21 光学装置

22 基板

23 半導体レーザ

24 光ファイバ

25 a, 25 b 溝(凹部又はくぼみ部)

30 26 ガイド溝

27 パンパ(突起部)

28, 28 a 溝(くぼみ部)

30 パンパ

31 a~31 c, 36, 37 a~37 d パターン

33 載置領域

34 a, 34 b 段差低部

35 固定部材

35 a 嵌合溝

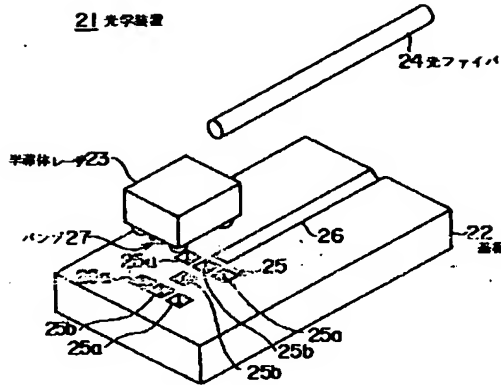
51 光導波路

40 61 導波路

molten

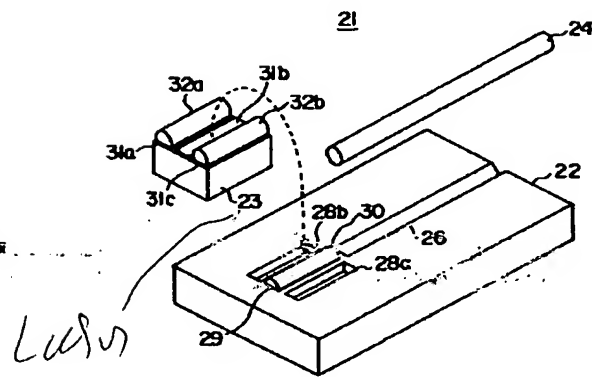
【図1】

本発明の第1実施例の主要部構成図



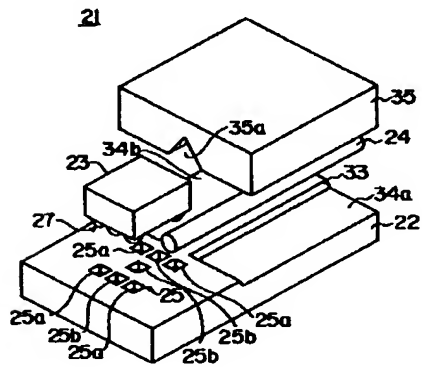
【図2】

本発明の第1実施例の他の実施例の要部構成図



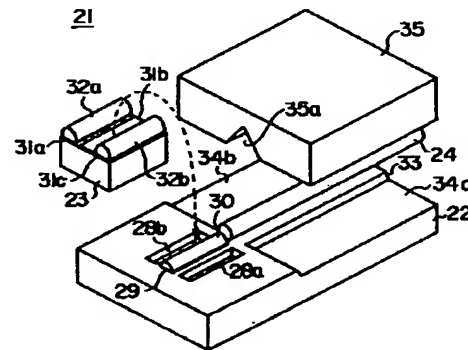
【図3】

本発明の第2実施例の要部構成図



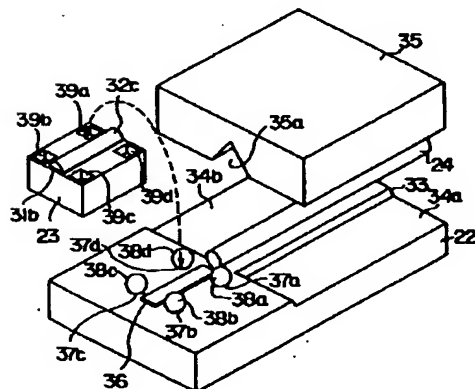
【図4】

本発明の第2実施例の変形例による光学装置の要部構成図



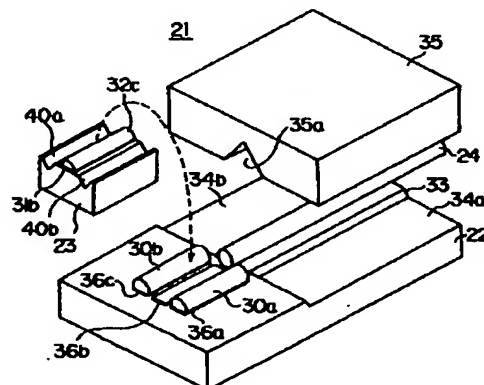
【図5】

図3の変形例の要部構成図



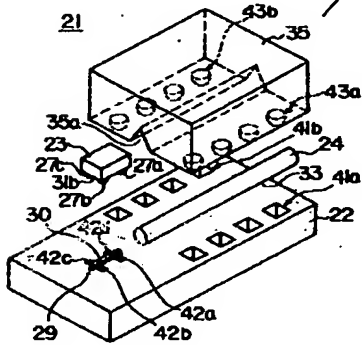
【図6】

図4の変形例の要部構成図



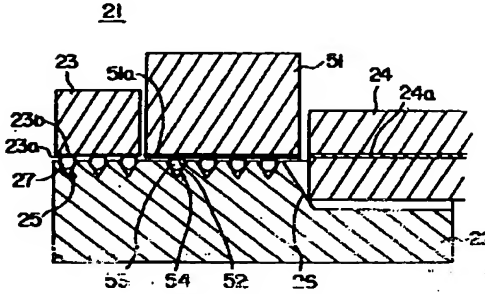
【図7】

第2実施例の他の実施例の要部構成図



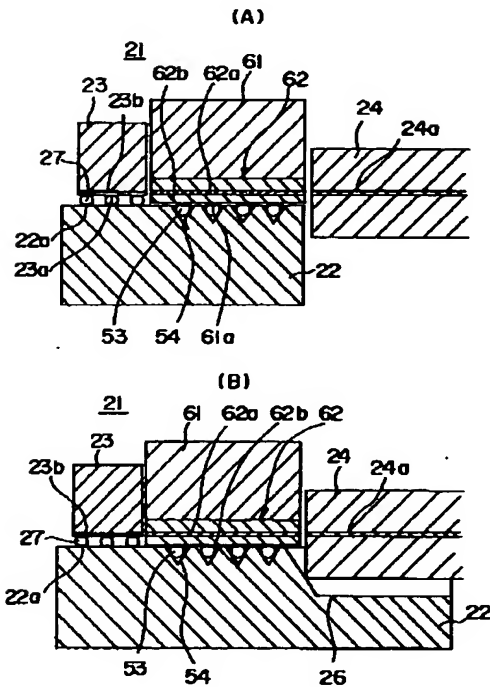
【図8】

本発明の第3実施例の要部構成図



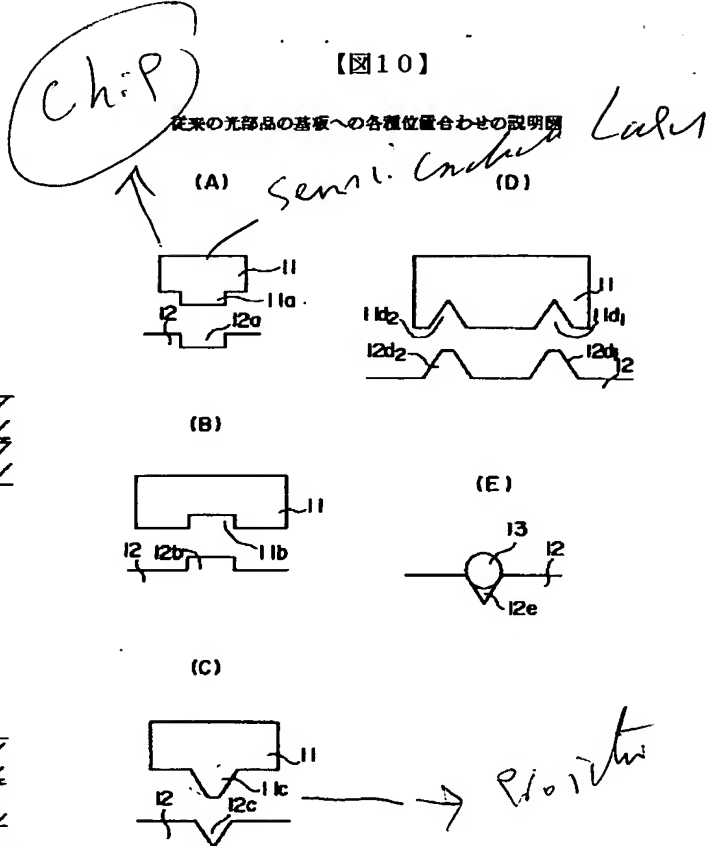
【図9】

第4実施例の要部構成図



【図10】

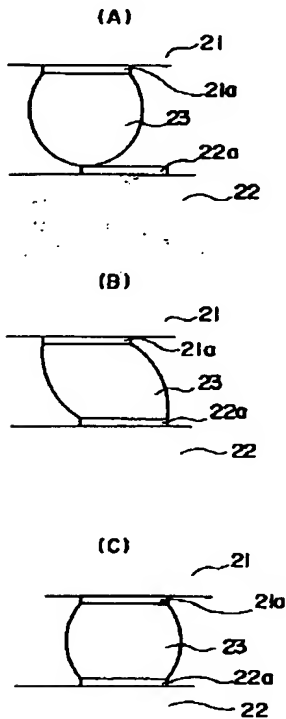
従来の光導品の基板への各種位置合わせの説明図



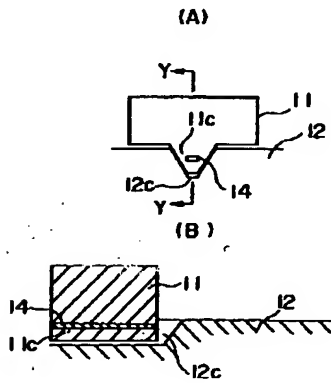
IC



【図11】

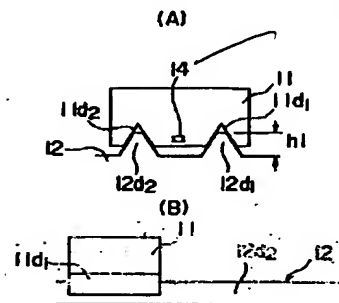
従来の位置合せ固定で用いられる自己位置  
整合ボンディングの説明図

【図12】

従来のジャンクションダウンによる  
ボンディングの問題点の説明図

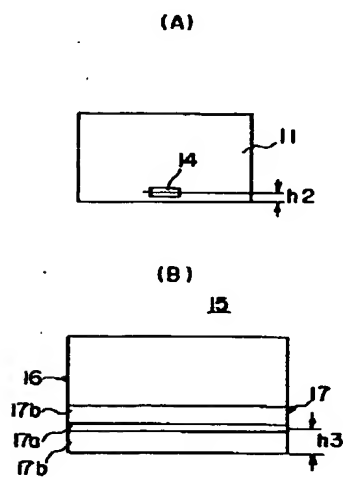
【図13】

従来の高さ調整の問題点の説明図

Active  
Cap

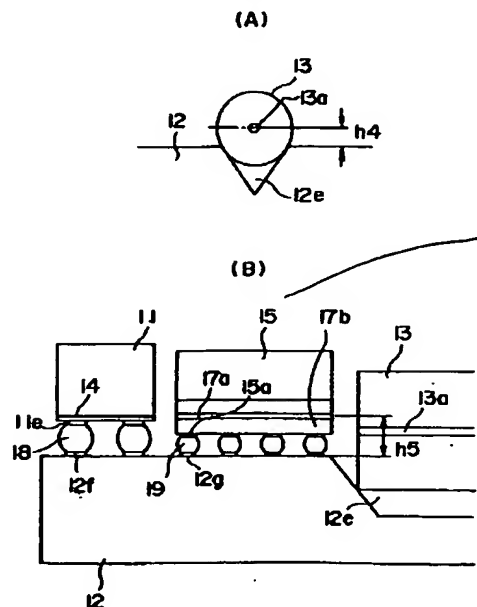
【図14】

従来の高さ方向の光軸合わせの問題点の説明図



【図15】

光ファイバを使用したときの光軸高さ方向調整の問題点の説明図

photo conductive  
wave  
passage

【図16】

従来自己位置整合マウンティングの問題点の説明図

